التأريض هو عبارة عن ربط (توصيل) الهياكل المعدنية للآلات والتجهيزات الكهربائية الواقعة تحت التوتر توصيلاً وثيقاً بالأرض إضافة إلى توصيل نقطة الحيادي في الشبكات الثلاثية إلى الأرض توصيلاً مباشراً أو عن طريق مقاومات .

1-5 – الغاية من التأريض :

هي أساساً لحماية الإنسان من أخطار التيار الكهربائي عند ملامسة الأجهزة الكهربائية أو الهياكل المعدنية التي يمكن أن تحمل شحنات كهر بائية ناتجة من خلل في هذه التجهيزات بحيث يحدث تماس لأحد الأجزاء الحاملة للتيار الكهربائي مع الهيكل المعدني لهذه التجهيزات أو يمكن لهذه الشحنات أن تتشكل نتيجة بعض العوامل الجوية المعروفة .

كما يجري تأريض الشبكات الكهربائية والمحطات التابعة لها وذلك لحمايتها من خطر تفريغ شحنة الغيوم المتواجدة في حالات الجو العاصف .

أما النقطة الحيادية في الشبكة الثلاثية الأطوار فيجري توصيلها بالأرض وذلك لمنع حدوث ارتفاع توتر احد الأطوار عند حدوث أي عطل بين الطور والأرض ولأغراض أخرى منها استقرار الشبكة والحماية ضد تيارات القصر .

2-5 – التأريض كعنصر حماية :

عند وجود خلل في أحد التجهيزات الكهربائية ولسبب ما مثل سوء الصيانة أو الاستخدام ... بحيث يؤدي إلى حدوث تماس مباشر بين نواقل التيار والجسم المعدني للآلة مما ينتج عنه تشكل توتر وبقيمة معينة على هذا الغلاف وبالتالي فإن كافة الأجسام الناقلة للتيار والموصولة مع نفس هذا الغلاف المعدني ستحمل نفس قيمة التوتر بالنسبة للأرض .

فإذا كانت قيمة هذا التوتر مساوية لقيمة التوتر الخطر على حياة الإنسان فإن هذا يشكل خطراً حقيقياً لمن يتعرض إلى ملامسة هذا الهيكل أو الأجسام الناقلة الحاملة لهذا التوتر .

لذا فإن وصل كافة الأجسام المعدنية الواقعة تحت التوتر بالأرض هو أمر ضروري لجعل قيمة التوتر الموجود على جسم الآلة أصغر ما يمكن وبقيمة تقل عن قيمة التوتر الخطر على الحياة ومن ثم إبطال هذه التوترات وذلك بالسماح بتشغيل أجهزة الإنذار والحماية التي تكشف تسرب التيار الكهربائي وبقيمة كافية لتشغيل هذه الأجهزة حيث تقوم بعملها في فصل تيار التغذية لهذه الآلات .

3-5 – المؤرضات :

هي الأجهزة المعدنية أو النواقل الكهربائية غير المعزولة والمطمورة في التربة بحيث تحقق اتصالاً كهربائياً مع الأرض يسمح بانتقال التيار الكهربائي من المنشآت والتجهيزات المعدنية لحظة وقوع ارتفاع في قيمة التوتر لسبب ما .

4-5 – أنواع المؤرضات :

يمكن تقسيم المؤرضات إلى نوعين :

1-5-5 – المؤرضات الطبيعية :

إن أبسط أنواع هذه المؤرضات هو شبكة أنابيب المياه في منشأة أو تجمع سكني ما حيث تستعمل الأنابيب كنواقل لتفريغ توتر التماس الكهربائي عبر الأرض ، كما يمكن استخدام حديد تسليح الأبنية والإنشاءات المعدنية إذا تحقق شرط تماسها الجيد مع الأرض وإن كان لا ينصح بالاعتماد عليها كمؤرض بسبب تعرض هذه الشبكة للصدأ مع الزمن كما أن الجفاف يؤثر على قيمة مقاومة الانتشار أو المقاومة الكلية للمؤرض .

2-5-5 – المؤرضات الصناعية :

وتنقسم هذه المؤرضات إلى :

أ – المؤرضات البسيطة :

وتتكون غالباً من وتد وحيد أو أنبوب فولاذي يغرس في الأرض بشكل عمودي محققاً تماساً جيداً مع التربة المجاورة ، كما يمكن أن يكون الأرضي عبارة عن صفيحة فولاذية أو شريط فولاذي يأخذ الشكل الحلقي أو الشكل الشعاعي بصورة أفقية تحت سطح الأرض .

ب –المؤرضات المركبة :

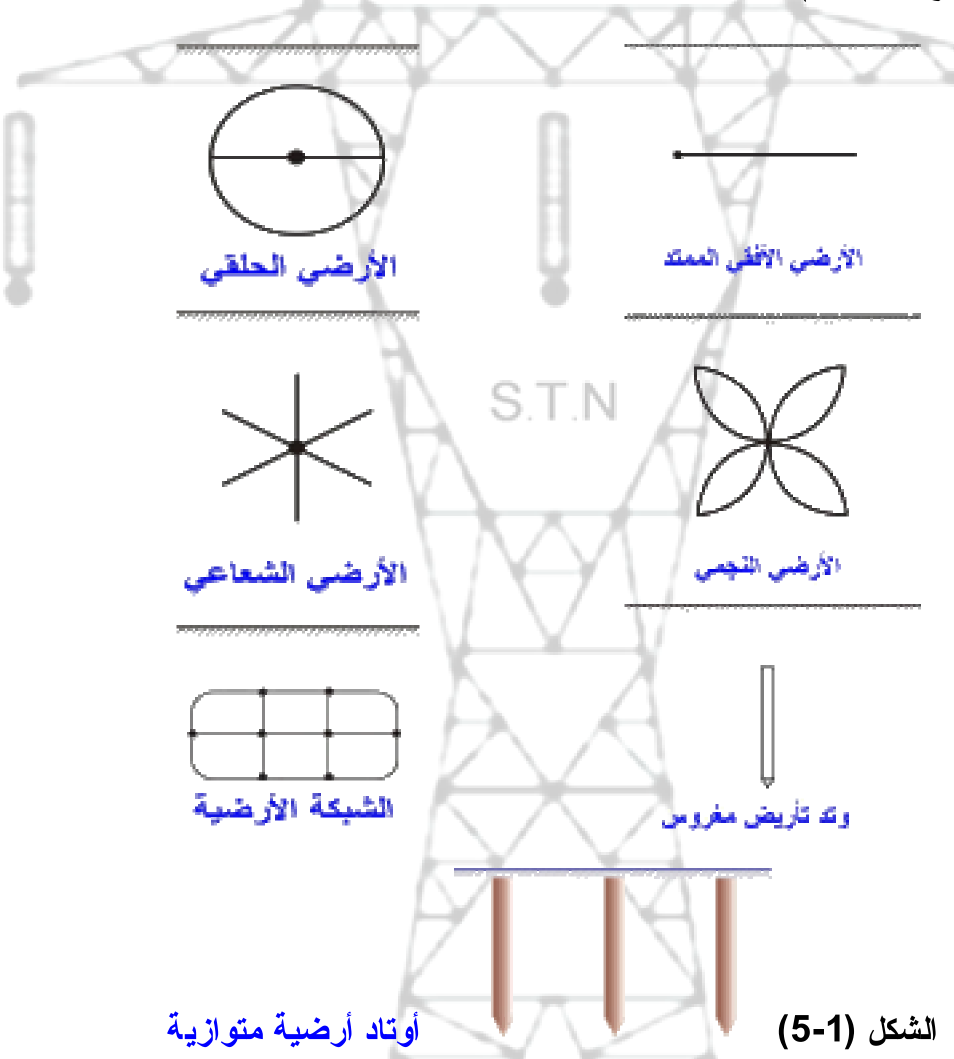
هذه المؤرضات عبارة عن مجموعة من المؤرضات البسيطة تربط مع بعضها بشكل شبكة وذلك لتقليل مقاومة التأريض . ونذكر من هذه المؤرضات :

١ –الأوتاد الأرضية المتصلة : حيث يتم غرس أكثر من وتد ، يصل فيما بين هذه الأوتاد ناقل بمقطع مناسب وبشكل يحقق اتصالاً ميكانيكياً وكهر بائيا جيداً .

٢ –الشبكة الأرضية : وهو عبارة عن أنواع متعددة من الأشكال الهندسية المستخدمة في المؤرضات البسيطة .

٣- الأرضي المتعدد : الذي يتكون من أنواع متشابهة من الأرضي البسيط مربوطة مع بعضها على التفرع .

٤- الأرضي المختلط : وهو الذي يتشكل من أنواع غير متشابهة من الأرضي (شبكة مع وتد مثلاً)



الشكل (5-1)

<u>5-5 – مقاومة التأريض :</u>

إن قيمة مقاومة التأريض هي الأساس في نجاح شبكة التأريض أو فشلها . فإذا كانت هذه المقاومة كبيرة نسبياً فإنها لن تحقق تفريغ شحنة التوتر إلى الأرض وبالتالي حدوث الخطر الذي أوجدت شبكة التأريض لتلافيه . وقبل الحديث عن قيمة هذه المقاومة لابد من ذكر التعاريف التالية :

١- <u>توتر الأرضي :</u>

وهو فرق الكمون الحاصل بين الأرضي والتربة المقارنة (الأرض) نتيجة مرور التيار في الأرض .

٢ –توتر التماس :

وهو الجزء من توتر الأرضي والذي يمكن أن يقصر بواسطة جسم الإنسان .

فإذا علمنا أن مقاومة جسم الإنسان تتراوح ما بين ١٣٠٠ – ٢٠٠٠ أوم وإن شدة قيمتها ٥٠ ميلي أمبير تكفي لهلاك الإنسان الذي يمر في جسمه هذه القيمة من التيار ، أمكن حساب قيمة التوتر الخطرة على حياة الإنسان :

$$U_{\mathrm{B}} \leq \mathrm{I_m} * \mathrm{R_m} \qquad (5\text{-}1)$$

$$U_{\mathrm{B}} \leq \frac{50}{1000} * 1300 > U_{\mathrm{B}} \leq 65\mathrm{V} \quad (\mathrm{VDE}) \qquad (5\text{-}2)$$

حيث : $\mathrm{I_m}$ التيار الخطر على حياة الإنسان .

$\mathrm{R_m}$ المقاومة الدنيا لجسم الإنسان .

لذا كان لابد من مراعاة هذه القيم عند تصميم الشبكة الأرضية بحيث ينتج لدينا قيمة إجمالية لمقاومة التأريض لا تسمح بتشكل توتر تزيد قيمته عن ٦٥ فولت .

$$I_{\mathrm{E}} * \mathrm{R_E} \leq 65 \qquad (5\text{-}3)$$

وتتكون هذه المقاومة من مجموع المقاومات الجزئية للمؤرضات (مقاومة الانتشار) والنواقل الأرضية التي تصل بين هذه المؤرضات .

6-5 – العوامل المؤثرة في مقاومة التأريض :

تلعب العوامل التالية دورها في تحديد قيمة مقاومة التأريض .

١ –مقاومة الأرض النوعية ρ .

٢ –شكل المأخذ الأرضي .

٣ –طريقة ربط العناصر مع بعضها .

٤ –مساحة انتشار المأخذ الأرضي .

1-6-5 – تأثير مقاومة الأرض النوعية :

يعبر عن المقاومة النوعية للتربة كما هو الحال في ناقل بالعلاقة $\Omega.m$ $\rho = \frac{R*A}{\mathrm{L}}$

حيث يعبر عن المقطع A بالمتر المربع .

و نظراً لكِون مقاومة التأريض تزداد بازدياد قيمة المقاومة النوعية للتربة لذا وجب أن تكون قيمة هذه المقاومة أقل ما يمكن ، و هذا يعتمد على نوع و درجة جفاف التربة و تماسكها مع ازدياد العمق و العمر الجيولوجي لهذه الطبقات .

و الجدول التالي يبين قيما وسطية للمقامة النوعية لبعض أنواع التربة حسب نظام VDE :

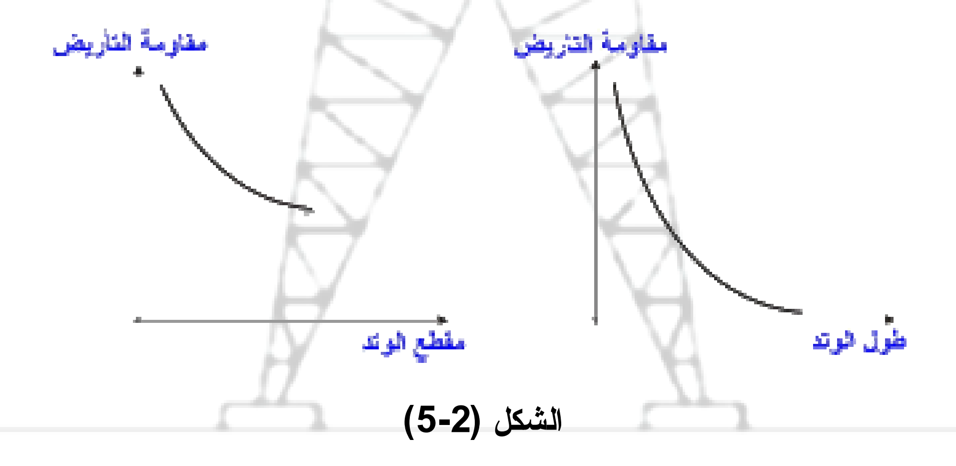
نوع التربة	ارض مستنقعات	ارض ملحية	أراضي زراعية طينية	رمل رطب	كلسية رطبة	رمل أو حصى جاف	ارض صخرية
المقاومة النوعية $\Omega.m$	٢٠	٣٠	١٠٠	٢٠٠	٥٠٠	١٠٠٠	٣٠٠٠

الجدول (5-1)

و يمكن معالجة بعض الأماكن التي ترتفع فيها المقاومة النوعية للتربة و ذلك بإضافة مواد كيميائية ناقلة (أملاح الصوديوم – كبريتات النحاس – الفحم) حول المأخذ الأرضي و ذلك بهدف زيادة ناقلية التربة .

5-6-2 – شكل المأخذ الأرضي:

إن العامل الأساسي و الذي يلعب دوره في التأثير على مقاومة التأريض حسب شكل المأخذ هو طول هذا المأخذ بينما يأتي مقطعه في مرتبة لاحقة و بالرجوع إلى الشكل (٦-٣-٢) يتضح مدى تأثير طول الوتد و تغيير مقطعه على مقاومة التأريض .



الشكل (5-2)

حيث يبدو أن مقاومة التأريض تنخفض بصورة عكسية مع ازدياد طول الوتد بينما يبدو هذا التأثير محدودا عند زيادة مقطع الوتد إلى حد يصبح معه زيادة هذا المقطع أمرا غير ذو فائدة اقتصادية .

5-7 طريقة ربط العناصر ببعضها :

إن الطريقة المتبعة للتقليل من قيمة مقاومة التأريض هي غرس عدة أوتاد يصل بينها الناقل الأرضي الرئيسي .

ويبدو لأول وهلة أن المقاومة المكافئة هي مجموع المقاومات لكل وتد على حدة والتي تكون مربوطة على التفرع ولكن وفي الحالة العملية فان لهذه الأوتاد تأثيراً متبادلاً يزيد من مقاومة انتشارها بسبب تعاكس الحقول الناجمة عن كل وتد .

و يعبر عن هذا التأثير بعامل ε أصغر من الواحد وتتعلق قيمته بالشكل الذي ترتب فيه الأوتاد وعددها وطول كل وتد وبعدها عن بعضها .

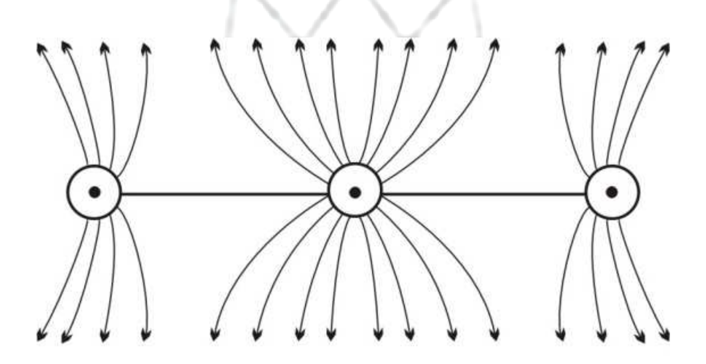
و تعطى قيمة ε في جداول أو منحنيات خاصة . وعليه تكون مقاومة التأريض :

$$R_{\mathrm{r}} = \frac{\mathrm{R_i}}{\mathrm{n}} \mathrm{X} \frac{1}{\varepsilon} \qquad (5\text{-}4)$$

حيث

$\mathrm{R_e}$: مقاومة التأريض .

$\mathrm{R_i}$: مقاومة التأريض لوتد واحد (مقاومة الانتشار) .



التأثير المتبادل للأوتاد الأرضية

قيمة العامل ε_i	عدد الأوتاد الشاقولية	نسبة المسافة بين وتدين إلى طول الوتد $\frac{a}{L}$
٠.٨٧- ٠.٨٤	٢	١
٠.٧٢- ٠.٦٧	٥	
٠.٦٣- ٠.٥٦	١٠	
٠.٥٦- ٠.٥١	١٥	
٠.٥- ٠.٤٧	٢٠	
٠.٩٢- ٠.٩	٢	٢
٠.٨٣- ٠.٧٩	٥	
٠.٧٧- ٠.٧٢	١٠	
٠.٧٣- ٠.٦٦	١٥	
٠.٦٩- ٠.٦٥	٢٠	
٠.٩٥- ٠.٩٣	٢	٣
٠.٨٨- ٠.٧٩	٥	
٠.٨٣- ٠.٧٦	١٠	
٠.٨- ٠.٧٤	١٥	
٠.٧٩- ٠.٧٤	٢٠	

عامل الاستعمال ε_i لمجموعة أوتاد شاقولية مغروسة على مسار واحد (5-2)

حيث a المسافة بين وتدين بالمتر . L طول الوتد المطمور في الأرض بالمتر .

قيمة العامل ε_h	عدد الأوتاد الشاقولية	نسبة المسافة بين وتدين إلى طول الوتد الواحد
٠.٨٠	٢	1
٠.٧٥	٥	
٠.٧٦	٨	
٠.٦٢	١٠	
٠.٤٢	٢٠	
٠.٩٠	٢	2
٠.٨٦	٥	
٠.٧٩	٨	
٠.٧٥	١٠	

	٢٠	٠.٥٦
٣	٢	٠.٩٣
	٥	٠.٩٠
	٨	٠.٨٥
	١٠	٠.٨٢
	٢٠	٠.٦٨

جدول يبين قيم عامل الاستعمل ε_h للناقل الأفقي الذي يصل بين مجموعة من الأوتاد الشاقولية(5-3)

٦- تأثير مساحة الانتشار :

قد تصادفنا مشكلة كبر قيمة مقاومة التآريض بالرغم من زيادة عدد الأوتاد الأرضية أو المؤرضات في نفس المساحة من الأرض .

لذا كان لابد من البحث عن طريقة أخرى للتقليل من قيمة هذه المقاومة ، ويأتي هذا الحل في زيادة المساحة التي ينتقل بها التيار عبر القطب الأرضي إلى الأرض كأن نزيد في عمق الوتد المغروس أو نزيد في قطر الوتد .

وإذا تعذر استخدام أحد هذين الحلين كان من الواجب استخدام مساحة أكبر من الأرض ليتم توزيع أوتاد أرضية إضافية .

٧- حساب مقاومة الانتشار للأقطاب الأرضية :

مقاومة الانتشار للقطب الأرضي هي المقاومة التي يواجهها التيار عند انتقاله من القطب الأرضي إلى الأرض المجاور له .

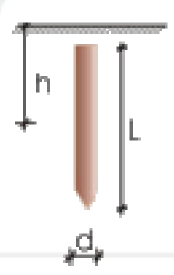
وتحسب مقاومة كل قطب حسب نوع هذا القطب وشكله :

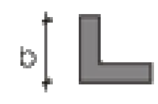
١ – الوتد الأرضي المغروس تحت سطح الأرض :

$$R_{\mathrm{i}} = \frac{\rho}{2.\pi.L}\left(\ln\frac{2.L}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4h+1}{4h-1}\right) \quad ohm \qquad (5-5)$$

حيث ρ المقاومة النوعية للتربة L طول الوتد (m) d القطر الخارجي للوتد (m)

h المسافة بين سطح الأرض ومنتصف الوتد (m)

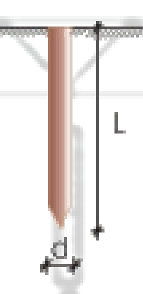




وإذا كان الوتد مصنوعاً على شكل زاوية فيمكن أن تكون d في هذه الحالة d = 0.95b

٢ – الوتد الأرضي المغروس حتى سطح الأرض :

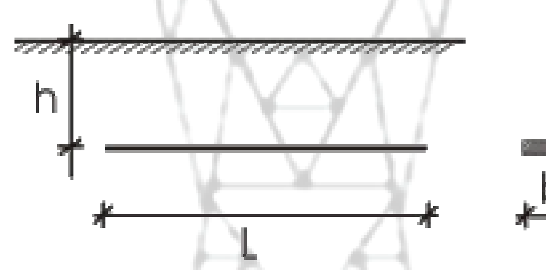
$$R_{\mathrm{i}} = \frac{0.336}{\mathrm{L}} \rho * \log \frac{4.\mathrm{L}}{\mathrm{d}} \ \ \mathrm{ohm} \qquad (5\text{-}6)$$



٣ – الأرضي الأفقي الممدد :

أ – القطب الأرضي شريحة أفقية عرضها b :

$$R_{\mathrm{i}} = \frac{0.336}{L} \rho * \log \frac{2.L^2}{b.h} \quad ohm \qquad (5\text{-}7)$$



ب – القطب الأرضي أنبوب أو مرس دائري ممتد أفقياً :

$$R_{\mathrm{i}} = \frac{0.336}{L} \rho * \log \frac{L^2}{b.h} \quad ohm \qquad (5\text{-}8)$$

وفي كلا الحالتين المذكورتين وبتقريب بسيط يمكن اعتبار

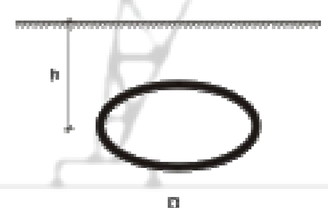
$$R_i = \frac{2*\rho}{\mathrm{L}} \mathrm{x}1.33 \ \ \mathrm{ohm} \qquad (5\text{-}9)$$

٤ – الأرضي الأفقي الممدد :

a – القطب مكون من حلقة معدنية :

آ – ذات مقطع دائري d

ومغروسة على عمق h < D/2



حيث D القطر الخارجي للحلقة

$$R_{\mathrm{i}} = \frac{\rho}{2.\pi^2.\mathrm{D}} \ln \frac{8.D^2}{d.h} \qquad ohm \qquad (5\text{-}9)$$

ب – ذات مقطع دائري d مغروسة على عمق H > D/2

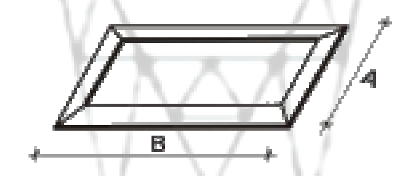
$$R_{\mathrm{i}} = \frac{\rho}{2.\pi^2.\mathrm{D}}\left(\ln\frac{8.D}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{\pi.D}{2.h}\right) \qquad ohm \qquad (5\text{-}10)$$

جـ – ذات مقطع مستطيل عرضه b فإن قيمة R_i في كلا الحالتين تحسب باستبدال b/2 بدلاً من D .

b – القطب الأرضي مكون من إطار مستطيل :

نفس العلاقتين السابقتين في حساب قيمة R_i مع الأخذ بعين الاعتبار أن D أصبحت تساوي :

$$D = \frac{2.(A+B)}{\pi} \qquad (5\text{-}11)$$



والجداول التالية تعطي قيماً تقريبية لمقاومة الأرضي عند مقاومة أرضية نوعية قدرها $\rho = 100\Omega m$

ولحساب مقاومة الأرضي عند قيم أخرى للمقاومة النوعية للتربة نستخدم العلاقة :

$$R = R_{100}.\frac{\rho}{100} \qquad (5\text{-}12)$$

حيث **ρ** المقاومة النوعية للتربة التي يجري حساب شبكة الأرضي فيها .

R_{100} مقاومة القطب الأرضي عند مقاومة نوعية للتربة مقدارها $100\Omega m$

جدول رقم (4-5) في حالة تمديد الأرضي بشكل أفقي عند مقاومة أرض نوعية $\rho = 100\Omega m$

الطول (L) M	المقـــاومـــــــــــة الأرضـــــــــــية بالأوم		
	شريط فولاذي		فولاذ دائري
	٤ x ٣٠ مم	بأبعاد ٥ x ٤٠ مم	قطر /١٠/ مم
٢.٥	٧٣.٦	٧٠.١	٧٩.٠
٥	٤١.٤	٣٩.٦	٤٤.٠
١٠	٢٢.٩	٢٢.٠	٢٤.٢
١٥	١٦.١	١٥.٥	١٧.٠
٢٠	١٢.٥	١٢.١	١٣.٢
٢٥	١٠.٣	٩.٩	١٠.٨
٣٠	٨.٨	٨.٥	٩.٢
٣٥	٧.٧	٧.٤	٨.٠
٤٠	٦.٩	٦.٦	٧.٢
٤٥	٦.١	٥.٩	٦.٤
٥٠	٥.٥	٥.٤	٥.٨
٦٠	٤.٨	٤.٦	٥.٠
٧٠	٤.٢	٤.٠	٤.٣
٨٠	٣.٧	٣.٦	٣.٩
٩٠	٣.٣	٣.٢	٣.٥
١٠٠	٣.٠	٢.٩	٣.٢
١٥٠	٢.١	٢.٠	٢.٢
٢٠٠	١.٦	١.٦	١.٧
٢٥٠	١.٣	١.٣	١.٤
٣٠٠	١.١	١.١	١.٢

جدول رقم (5-5) في حالة الحلقة الأرضية عند مقاومة أرض نوعية $\rho = 100\Omega m$

القطر الخارجي (D) M	المقـــاومـــــــــــة الأرضـــــــــــية بالأوم		
	شريط فولاذي		فولاذ دائري
	٤ x ٣٠ مم	بأبعاد ٥ x ٤٠ مم	قطر /١٠/ مم
١٠	٨.٧	٨.٤٠	٩.١٥
١٥	٦.٨	٦.٥٥	٧.٠٦
٢٠	٤.٦٥	٤.٥٦	٤.٨٧
٢٥	٣.٨٥	٣.٧٤	٤.٥٥
٣٠	٣.٢٤	٣.١٦	٣.٣٨
٣٥	٢.٨٤	٢.٧٦	٢.٩٧
٤٠	٢.٥٢	٢.٤٤	٢.٦٢
٤٥	٢.٢٦	٢.٢٠	٢.٣٦
٥٠	٢.٠٥	٢.٠٠	٢.٤٢
٦٠	١.٧٥	١.٦٩	١.٨٢
٧٠	١.٥٢	١.٤٩	١.٥٨
٨٠	١.٣٥	١.٣٢	١.٤٠
٩٠	١.٢١	١.١٨	١.٢٥
١٠٠	١.١٠	١.٠٧	١.١٤
١٢٥	٠.٩	٠.٨٨	٠.٩٨
١٥٠	٠.٨٤	٠.٨٣	٠.٨٧
١٧٥	٠.٦٥	٠.٦٤	٠.٦٨
٢٠٠	٠.٥٨	٠.٥٧	٠.٦٠
٢٥٠	٠.٤٧	٠.٤٧	٠.٤٨

جدول رقم (5-6) للأرضي الشعاعي الرباعي عند مقاومة أرض نوعية $\rho = 100\Omega m$

الطول (M)	مقاومة الانتشار الأرضية بالاوم		
	شريط فولاذي		فولاذ دائري
	٣ x ٤٠ مم	40 x 5 مم	قطر /١٠/ مم
١	٥٨.٢٠	٥٦.٤٠	٦٨.٥
٢	٢١.٩٠	٣٠.٨٠	٣٣.٦
٣	٢٢.٤	٢١.٦	٢٣.٤
٤	١٧.٣	١٦.٨	١٨.١
٥	١٤.٢	١٣.٧٥	١٤.٩
٧.٥	٩.٩	٩.٦	١٠.٣
١٠.٠	٧.٦٥	٧.٤٤	٨.٠٠
١٢.٥	٦.٣	٦.١	٦.٥٥
١٥.٠٠	٥.٣٥	٥.٢٠	٥.٥٥
١٧.٥	٤.٦٢	٤.٥٠	٤.٨٢
٢٠.٠	٤.١	٤.٠٠	٤.٢٦
٢٢.٥	٣.٦٨	٣.٥٨	٣.٨٤
٢٥.٠	٣.٣٥	٣.٢٧	٣.٤٩
٢٧.٥	٣.٠٨	٣.٠٠	٣.٢٠
٣٠.٠	٢.٨٥	٢.٧٦	٢.٩٥
٣٢.٥	٢.٦٥	٢.٥٨	٢.٧٦
٣٥.٠	٢.٤٨	٢.٥١	٢.٥٤
٣٧.٥	٢.٣٢	٢.٢٤	٢.٣٦
٤٠.٠	٢.٢	٢.١٤	٢.٣٠
٤٢.٥	٢.٠٨	٢.٠٣	٢.١٦
٤٥.٠	١.٩٦	١.٩٢	٢.٠٥
٤٧.٥	١.٨٨	١.٨٤	١.٩٥
٥٠.٠	١.٧٩	١.٧٤	١.٨٦

جدول رقم (5-7) في حالة وتد أرضي وعند مقاومة أرض نوعية $\rho = 100\Omega m$

الطول (M)	القطر الخارجي للأنبوب									
	¾ أنش	١ أنش	١¼ انش	١.٥ انش	٢ انش	٢½ انش	٣ انش	٤ انش	٥ انش	٦ انش
١	٧٩.٦	٧٦.٠	٧٢.٤	٧٠.٤	٦٦.٨	٦٣.٢	٦٠.٥	٥٦.٥	٥٣.٥	٥٠.٨
٢	٤٥.٤	٤٣.٥	٤١.٧	٤٠.٦	٣٩.٠	٣٧.١	٣٥.٨	٣٣.٨	٣٢.٢	٣٠.٥
٣	٣٢.٣	٣١.٢	٢٩.٨	٢٩.٢	٢٨.٠	٢٦.٩	٢٦.٠	٢٤.٧	٢٣.٦	٢٢.٨
٤	٢٥.٤	٢٣.٦	٢٣.١	٢٢.٢	٢١.٣	٢١.٢	٢٠.٧	١٩.٧	١٨.٩	١٨.٢
٥	٢١.٠	٢٠.٣	١٩.٦	١٩.١	١٨.٥	١٧.٧	١٧.٢	١٦.٤	١٥.٨	١٥.٣
٦	١٨.٠	١٧.٤	١٦.٨	١٦.٥	١٥.٩	١٥.٣	١٤.٨	١٤.٢	١٣.٧	١٣.٢
٧	١٥.٨	١٥.٢	١٤.٨	١٤.٤	١٣.٩	١٣.٣	١٣.٠	١٢.٥	١٢.٠	١١.٧
٨	١٤.٠	١٣.٧	١٣.٢	١٢.٩	١٢.٥	١٢.٠	١١.٧	١١.٢	١٠.٨	١٠.٢
٩	١٢.٧	١٢.٤	١١.٩	١١.٧	١١.٣	١٠.٩	١٠.٦	١٠.٢	٩.٨	٩.٦
١٠	١١.٧	١١.٣	١١.٠	١٠.٨	١٠.٤	١٠.٠	٩.٨	٩.٤	٩.٠	٨.٨

جدول رقم (8-5) في حالة الشبكة الأرضية وعند مقاومة أرض نوعية $\rho = 100\Omega m$

مقاومة الانتشار الارضية بالاوم		$a_2 = \frac{L}{10}$	$a_1 = \frac{L}{20}$	مساحة الشبكة
R_{a2}	R_{a1}	بالمتر	بالمتر	m^2 A= L.B
4.090	3.70	2	1	20 X 10
3.340	3.08	2	1	20 X 15
2.880	2.66	2	1	20 X 20
2.710	2.500	3	1.5	30 X 15
2.350	2.170	3	1.5	30 X 20
2.105	1.942	3	1.5	30 X 25
1.920	1.770	3	1.5	30 X3 0
2.040	1.880	4	2	40 X 20
1.665	1.540	4	2	40 X 30
1.445	1.335	4	2	40 X 40
1.635	1.500	5	2.5	50 X 25
1.290	1.190	5	2.5	50 X 40
1.155	1.065	5	2.5	50 X 50
1.020	0.945	8	4	40 X 80
0.910	0.840	8	4	٥0 X 80
0.835	0.770	8	4	60 X 80
0.768	0.710	8	4	70 X 80
0.723	0.667	8	4	80 X 80
0.817	0.755	10	5	50 X 100
0.666	0.615	10	5	75 X 100
0.580	0.535	10	5	100 X 100
0.546	0.505	15	7.5	75 X 150
0.472	0.435	15	7.5	100 X 150
0.422	0.390	15	7.5	120 X 150
0.385	0.356	15	7.5	150 X 150
0.410	0.378	20	10	100 X 200
0.366	0.338	20	10	125 X 200
0.334	0.308	20	10	150 X 200
0.310	0.286	20	10	175 X 200
0.288	0.266	20	10	200 X 200
0.333	0.308	25	12.5	125 X 250
0.298	0.275	25	12.5	150 X 250
0.276	0.256	25	12.5	175 X 250
0.257	0.237	25	12.5	200 X 250
0.230	0.213	25	12.5	250 X 250
0.271	0.250	30	15	150X300
0.252	0.232	30	15	175X300
0.235	0.217	30	15	200X٣00
0.222	0.205	30	15	225X300
0.211	0.194	30	15	250X300
0.201	0.185	30	15	275X300
0.192	0.177	30	15	300X300
0.233	0.215	35	17.5	175X350
0.218	0.201	35	17.5	200X350
0.206	0.190	35	17.5	225X350
0.195	0.180	35	17.5	250X350
0.184	0.170	35	17.5	275X350
0.178	0.164	35	17.5	300X350
0.172	0.158	35	17.5	325X350
0.164	0.152	35	17.5	350X350

٥ – اختيار نوع القطب الأرضي:

قبل اختيار مقطع وأبعاد الأرضي ونوعية المواد التي ستستخدم في تصميمه ، يجب أن تسبق ذلك عملية جمع معلومات عن الطبيعة الجيوكهربائية لطبقات الأرض وصعوبة التنفيذ وخصائص التربة

وطبقاتها على مناسيب مختلفة وخلال فترات مختلفة من السنة ، إضافة إلى أهم خاصة ألا وهي المقاومة النوعية للتربة .

و بشكل عام يتم وضع الاعتبارات التالية في أسس اختيار المؤرضات:

1. **اذا كانت ناقلية الطبقة العلوية للأرض أفضل من ناقلية الطبقات السفلية فينصح باستخدام المؤرضات السطحية الأفقية .**
2. **إما اذا كان العكس صحيحاً فيفضل استخدام المؤرضات العميقة (أوتاد).**
3. **من وجهة النظر الاقتصادية (من حيث استهلاك المواد) يفضل الاكتفاء بالأبعاد الصغرى المسموحة ميكانيكيا لنواقل وأوتاد التأريض مع المحافظة على شرط الناقلية الكافية للتيار ومقاومة التآكل .**
4. **لا يؤخذ ارتفاع درجة حرارة الأقطاب الأرضية نتيجة مرور تيار كهربائي فيها كأساس في تصميم المؤرضات وذلك بسبب قصر فترة مرور هذا التيار فيها .**
5. **من الناحية الميكانيكية يشترط أن تكون المؤرضات والنواقل الأرضية متينة مقاومة للصدمات محمية ضد كافة العوامل الميكانيكية والكيميائية ويجب حمايتها في أماكن تقاطعها مع الجدران أو السقوف ومناطق دخولها إلى الأرض .**
6. **يجب أن تحقق أماكن الوصل في النواقل الأرضية الناقلية الجيدة للكهرباء ويتم ذلك أما باللحام أو بالبراغي .**
7. **يجب مراعاة تحقيق عملية تماس جيد بين القطب الأرضي والتربة المجاورة . لذا يفضل أن يتم غرس المؤرضات بطريقة الكبس أو الطرق .**
8. **بغية الوصول إلى القيم المطلوبة لمقاومة الانتشار الأرضية يمكن زيادة عدد الأوتاد الأرضية على أن يكون البعد بين الوتد و الأخر مساويا إلى ضعف طول الوتد الواحد على الأقل .**
9. **يفضل بشكل عام استخدام أشكال غير معقدة للمرابط الأرضية (أوتاد – نواقل أفقية) .**

8-5– المواد والأبعاد المستخدمة في الأقطاب الأرضية :

يستخدم الفولاذ المغلفن حراريا أو نواقل نحاس– فولاذ أو النحاس بشكله الحر كمواد أساسيه في تصنيع الشبكة الأرضية والأبعاد الواردة في الجدول التالي تعطي القيم الصغرى المستخدمة في المؤرضات حسب:VDE:

نوع القطب الأرضي	فولاذ مغلفن حرارياً	نواقل نحاس فولاذ	نحاس
شرائح تأريض	شريحة mm^2 ١٠٠ السماكة الصغرى mm ٣ ناقل دائري mm^2 ٩٥	mm^2 ٥٠	شرائح mm^2 ٥٠ السماكة الصغرىmm ٢ ناقل دائري mm^2 ٣٥
أوتاد تآريض	أنبوب فولاذي ١ أنش زاوية فولاذ ٧×٦٥×٦٥ مجراية U ٦ $\frac{1}{2}$ مقطع T ٦	قطر الفولاذmm ١٥ سماكة طبقة النحاس mm ٢.٥	شريحة mm^2 ٥٠ السماكة الصغرى mm ٢ ناقل مصمت mm^2 ٣٥ أنبوب نحاسي ٣ x ٣٠
صفائح تأريض	صفيحة فولاذية سماكة mm ٣	–	صفيحة نحاسية سماكة ٢ مم

الجدول (10-5)

9-5–معالجة التربة :

في حال تعذر الحصول على مقاومة تأريض مناسبة نظراً لسوء ناقلية التربة يعمد في كثير من الحالات إلى تحسين ناقلية التربة بطريقة المعالجة الكيميائية وذلك بوضع ما يقارب ٣٠ كغ من مواد خاصة ضمن خندق دائري يحيط بكل وتد أرضي وعلى بعد ٣٠ سم على الأقل من الوتد وبعمق ٣٠ سم .

أما هذه المواد المستخدمة فهي على الغالب كلور الصوديوم – سلفات المغنزيوم – مسحوق الفحم .
حيث تنحل مع مياه الأمطار وتقوم بتحسين ناقلية التربة ويعاد تجديدها كل بضعة سنوات .

10-5– الشروط الواجب توفرها في شبكة التأريض :

أ– الشبكات ذات توتر أكبر من ١٠٠٠ فولت و تيارات قصر كبيرة :

تلك الشبكات التي تؤرض نقطة الحيادي فيها مباشرة أو بمقاومة صغيرة و التي تزيد قيمة تيارات القصر عن ٥٠٠ أمبير فأن مقاومة التآريض يجب أن لا تزيد عن $R \leq 0.5\Omega$ علما أن هذه القيمة تؤدي عند توفر تيار قصر قيمته ٥٠٠ أمبير إلى تشكل توتر قيمته ٢٥٠ فولت. لذا يجب رفع مقاومة الإنسان بطريقة ما عند لمسه للهياكل المعدنية المؤرضة.

ب– الشبكات ذات توتر أكبر من ١٠٠٠ فولت و تيارات قصر صغيرة:

يجب أن لا تزيد قيمة التوتر المتشكل في هذه الشبكات نتيجة حدوث عطل لسبب ما عن ٢٥٠ فولت و مقاومة تآريض لا تزيد عن $R \leq 10\Omega$ أي أن تيار القصر في هذه الحالة يجب أن لا يتعدى ٢٥ أمبير .

ت- الشبكات ذات توتر اقل من ١٠٠٠ فولت:

- في جميع الأحوال يجب أن تكون مقاومة التآريض $R \leq 5\Omega$ في مركز التحويل ، ويمكن في حالات أخرى النظر إلى استطاعة النقل التي تتم في الشبكة وتحديد قيمة R حسب هذه الاستطاعة .
- تركيب مؤرضات على طول الشبكة و بتباعد ٢٠٠ - ٢٥٠ م بين كل مؤرض.
- مؤرض عند كل علبة وصل أو توزيع رئيسية.
- يجب أن لا تزيد مقاومة التآريض الإضافي عن ١٠ أوم في فصل الجفاف .

11-5- وضع الحيادي في شبكات التوتر المنخفض:

إن النظام المعتمد حالياً في شبكات التوزيع للتوتر المنخفض يقضي بأن يتم تآريض حيادي المحولات بواسطة قطب ارضي ذو مقاومة مرتفعة /٦٠-٥٠/ أوم مع تآريض الحيادي في أماكن مختلفة من الشبكة و يمكن وضع التوصيات التالية في شبكات التوزيع الهوائية :

١. يجب أن لا تزيد المقاومة الإجمالية لدارة الحيادي –الأرض عن ٢٠ أوم في شبكات ذات استطاعة التحويل ٢٠٠ ك .ف .آ.
٢. في الشبكات ذات الاستطاعة ٦٣٠ ك.ف.آ يفضل أن لا تزيد مقاومة تآريض الحيادي عن ١٠ohm .
٣. بالنسبة لشبكات الاستطاعة ١٠٠٠ ك.ف.آ فما فوق يفضل أن تكون المقاومة أقل من ٥ أوم .

12-5- تأريض نقطة الحيادي في الشبكة الثلاثية :

يجري وصل النقطة الحيادية في الشبكات الثلاثية إلى الأرض أما مباشرة أو عن طريق أجهزة تعويض للتيار و سنتحدث بإيجاز عن مزايا طرق الوصل هذه:

١. الشبكات ذات الحيادي المؤرض مباشرة :

من مميزات هذه الطريقة تثبيت التوتر الحيادي و عدم إتاحة الفرصة لاستمرار القوس الناتج عن عطل طور مع الأرض و بالتالي تفادي مضاعفاته إضافة إلى ضمان سرعة عمل أجهزة الحماية بسبب كبر تيار القصر مع الأرض .

٢. الحيادي المؤرض عن طريق مقاومة أو مفاعله:

أ- التآريض عن طريق مفاعله:

في هذه الحالة يبقى التوتر على بقية الأطوار السليمة في حال حدوث عطل طور مع الأرض مساويا لــ ٨٠-١٠٠%من توتر الخط .كما أن وجود المفاعلة في دارة الحيادي يزيد من استقرار الشبكة في حالة الأعطال الأرضية و يحد من قيمة التوترات العابرة الناتجة عن عملية الفصل و الوصل إلى الحدود المقبولة .

ب-التآريض عن طريق مقاومة مادية:

في حال اختيار المقاومة اختيارا سليما فان استقرار الشبكة في حالة قصر طور مع الأرض يكون أفضل من الاستقرار عند استخدام التآريض المباشر و ينحصر استخدام المقاومات على دارات الحيادي للمنوبات حيث التوترات الاسمية منخفضة نسبيا أما في دارات المحولات فاستخدام المفاعلة ذلك أنه اذا أريد إنقاص قيمة تيار القصر بنفس المعدل فان ذلك يتطلب مقاومة مادية اكبر بكثير من القيمة المطلقة للمفاعلة التي تؤدي نفس الغرض .

وأخيراً يمكن الإشارة إلى بعض النقاط الهامة :

١-في الشبكات الكهربائية ذات التوترات الاسمية حتى ٢٥ كيلو فولت نستخدم الحيادي المعزول وذلك إذا كانت تيارات القصر الأرضية السعوية صغيرة نسياً .

أما إذا كانت تيارات القصر أكثر من ٥٠٠ أمبير فيستخدم للتأريض وشيعة إخماد القوس ذات مفاعلة متغيرة وذلك لتعويض تيارات القصر السعوية .

٢-يتم تآريض حيادي المنوبات ذات التوتر حتى ١٠ كيلو فولت بواسطة مقاومة مادية .

٣-في الشبكات ذات توتر ٦٦ - ١١٠ - ٢٢٠ كيلو فولت يستخدم التآريض المباشر لحيادي المحولات إلا إذا كانت هذه المحولات قريبة من منابع التوليد فيمكن تآريض نقطة الحيادي بواسطة مفاعلة للحد من تيار عطل طور مع الأرض .

13-5- اختيار نواقل التأريض في الشبكات ذات التوتر أعلى من ١٠٠٠ فولت :

عند حساب تيار العطل في شبكة كهربائية ما تحسب قيمة التيار على أساس أن العطل هو من نوع أرضي مزدوج أي خطين مع الأرض ، ثم يجري اختيار مقطع الناقل من الجداول التالية :

المقطع الأصغري	نحاس	ألمنيوم	فولاذ
	١٦ مم^{٢}	٣٥ مم^{٢}	٥٠ مم^{٢}

مع الإشارة إلى أن الألمنيوم يستخدم فوق الأرض حصراً .

استطاعة حمل التيار بالأمبير :

المقطع	نحاس		ألمنيوم		فولاذ	
	باستمرار	لمدة ثانية واحدة	باستمرار	لمدة ثانية واحدة	باستمرار	لمدة ثانية واحدة
١٦	١٥٠	٢٥٠٠	–	–	–	–
٢٥	٢٠٠	٤٠٠٠	–	–	–	–
٣٥	٢٨٠	٥٥٠٠	٢٠٠	٣٧٠٠	–	–
٥٠	٤٨٠	٨٠٠٠	٢٥٠	٥٣٠٠	١٥٠	٣٣٠٠
٧٠	٥٨٠	١١٥٠٠	٣٢٠	٧٤٠٠	١٨٠	٤٧٠٠
١٠٠	٧٨٠	١٦٠٠٠	٤٣٠	١٠٥٠٠	٢٤٠	٦٧٠٠
٢٠٠	١٣٨٠	٣٢٥٠٠	٧٦٠	٢١٠٠٠	٤٢٠	١٣٥٠٠

ملاحظة :

تتم حماية خطوط التوتر المتوسط 20kv بتأريض الأبراج المعدنية فقط بواسطة ناقل يحيط بالبرج وهو مطمور بالأرض غلى عمق معين (مكون من مرس معدني) أو باستخدام أوتاد التأريض المعروفة ولكن الأكثر استخداماً هو المرس المعدني .

ملاحظة هامة جداً:

تحدثنا عن التأريض فقط دون استخدام خط الحماية من الصواعق وذلك لأننا نستخدم عموماً أبراج 20kv ذات أطوال أقل أطوال أبراج التوتر المتوسط الاكبر من 20kv وأقل من أبراج التوتر العالي ولأن خط ال 20kv لا يمرر ضمن المناطق المعرضة للصواعق لوحده وانما تكون مجاورة لأبراج التوتر الأكثر ارتفاعاً وبما أننا متأكدون أن الصاعقة تنزل على المناطق الاكثر ارتفاعاً المؤرضة فلاداعي لزيادة التكلفة لمشروع 20kv بربط خط الحماية من الصواعق وهي لن تنزل عليه أبداً.